



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**COMPARAÇÃO DO EFEITO DE TRANSPORTE DO FORÂMEN
APICAL ENTRE DOIS SISTEMAS DE INSTRUMENTAÇÃO:
ESTUDO PILOTO**

Trabalho submetido por
João Eduardo Roxo de Matos
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Outubro de 2019



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**COMPARAÇÃO DO EFEITO DE TRANSPORTE DO FORÂMEN
APICAL ENTRE DOIS SISTEMAS DE INSTRUMENTAÇÃO:
ESTUDO PILOTO**

Trabalho submetido por
João Eduardo Roxo de Matos
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor João Eduardo Fonseca Freitas Dias

Outubro de 2019

*“A nossa maior glória não é nunca cairmos,
mas levantarmo-nos sempre que caímos”*

Confúcio

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, **Professor Doutor João Eduardo Fonseca Freitas Dias**, manifesto a minha gratidão pela disponibilidade e acompanhamento. Por todas as oportunidades que me proporcionou.

Ao **Professor Doutor António Alves de Matos**, pelo impressionante benefício que me ofereceu aquando da ida ao laboratório de Microscopia.

Ao **Professor Doutor Luís Proença** pela ajuda no tratamento de dados estatísticos e determinação de alguns métodos.

Aos amigos que criei na faculdade. O **Diogo**, o **Norte** e o **Rodrigo**.

Ao meu **Professor João Reis** pelo apoio que me beneficiou e toda a sapiência transmitida.

À minha colega de casa, a **Letícia**, durante os quase cinco anos de faculdade. Um apoio e uma presença incriveis.

Ao meu melhor amigo, o **Miguel Barroso**. A base. Incansável. Indelével.

À minha namorada, a **Ana Margarida**, que tanto me apoia. Um braço direito firme, que acredita tanto ou mais que eu.

Aos **meus primos**, sem exceção. Todos importantes no meu crescimento.

À minha tia **Tânia**. Ao meu tio **Filipe**, humilde e com um enorme coração.

Ao meu **Padrinho**, com uma garra impressionante.

À minha **Madrinha**. Como uma segunda mãe.

À minha **Avó Conceição** e **Avô Aníbal**. Os pilares de tudo isto. Hirtos em todas as situações.

Às minhas estrelas, **Avó Lurdes**, **Avô Roxo** e **Tio Zé Carlos**.

Ao meu **Irmão**. Um prolongamento de mim.

À minha **Mãe** e ao meu **Pai**. Conseguiram levar o barco a bom porto apesar de todos os ventos e tempestades. Dias de sol também existiram e foram esses que deram vida e alma aos sonhos.

O meu **Obrigado** a todos vós por mais uma etapa concluída.

RESUMO

Objetivos: Comparar o efeito de transporte do forâmen apical entre dois sistemas de limas: limas Go-Taper Universal® e Reverso Silver®, sendo que o primeiro tem um movimento rotatório e o segundo um movimento recíprocante.

Materiais e métodos: Neste projeto foi utilizada uma amostra de 18 (dezoito) dentes humanos monorradiculares nos quais foi instrumentada a raiz. A fim de se uniformizar a amostra e para que todos os dentes fossem padronizados, estes foram seccionados após medição de 15 mm de raiz. Os monorradiculares utilizados satisfizeram os seguintes critérios: ausência de fraturas; ausência de sinais de reabsorção externa/interna; ausência de calcificação da polpa; e ápex completamente formado. Realização de fotomicrografias com MEV (microscópio eletrônico de varrimento) antes e depois da instrumentação, para avaliação da diferença da área do forâmen apical. As hipóteses foram: H_0 - não há diferenças entre os dois sistemas; e H_1 - há diferenças entre os dois sistemas. Todo o processo foi realizado pela mesma pessoa. Diferenças significativas entre os grupos foram avaliadas usando o teste Mann-Whitney. Considera-se $P < 0.05$ como valor de significância.

Resultados: Não se verificaram diferenças significativas ($P > 0.05$) na avaliação de transporte do forâmen apical, entre os dois sistemas de instrumentação, quer no movimento recíprocante quer no movimento de rotação contínua.

Conclusões: Neste estudo concluiu-se que não existem diferenças no efeito de transporte do forâmen apical entre os dois sistemas de limas. O uso de dentes humanos contém variáveis relevantes não controláveis pelo utilizador.

Palavras-chave: ápex dentário; alargamento foraminal; preparação canal.

ABSTRACT

Objectives: Compare the canal transportation between two file systems: Go-Taper Universal® and Reverso Silver® files, the former having a rotational movement and the latter having a reciprocating movement.

Materials and Methods: In this project was used a sample of 18 (eighteen) single-rooted human teeth in which the root was instrumented. To standardize the sample and for all teeth, they were sectioned after measuring 15 mm of root. The single root used met the following criteria: absence of fractures, absence of signs of external/internal resorption, absence of pulp calcification, and having fully formed apex. Photomicrographs with SEM (scanning electron microscope) before and after instrumentation. The hypotheses were: H_0 - there are no differences between the two systems; and H_1 - there are differences between the two systems. The whole process was performed by the same person. Significant differences between groups were assessed using the Mann-Whitney test. $P < 0.05$ was considered as significance value.

Results: There were no significant differences ($P > 0.05$) in canal transportation evaluation between the two instrumentation systems, either in reciprocating or continuous rotation movement.

Conclusions: In the current study, it was not possible to conclude about canal transportation between the two file systems. The use of human teeth contains relevant non-user controllable variables.

Keywords: tooth apex; foraminal enlargement; root canal preparation.

ÍNDICE GERAL

I. INTRODUÇÃO	13
1.1. Anatomia Canalar	13
1.2. Anatomia apical	14
1.3. Instrumentação	17
1.3.1 Objetivos mecânicos	17
1.3.2 Objetivos biológicos	18
1.3.3 Objetivos técnicos	18
1.3.4 Erros de procedimento	19
1.3.5 Limas em Níquel-Titânio (NiTi).....	19
1.3.6 Movimento reciprocante e movimento rotatório contínuo	21
1.3.7 Efeito de transporte apical	22
1.3.8 MEV (Microscópio Eletrónico de Varrimento)	22
II. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
1.4. Caracterização do estudo e a sua relevância	25
1.5. Local de realização	25
1.6. Hipóteses e objetivos.....	26
1.6.1 Objetivo geral	26
1.6.2 Objetivo Específico.....	26
1.6.3 Hipóteses do estudo	26
1.7. Amostra	26
1.7.1 Critério de inclusão	28
1.7.2 Critério de exclusão	28
1.8. Procedimento.....	28
III. RESULTADOS.....	37
IV. DISCUSSÃO	45
V. CONCLUSÃO	49
VI. BIBLIOGRAFIA.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação de Vertucci (1974)	14
Figura 2 – Imagem histológica da Polpa (P), CA (indicado pela seta), do FA.....	15
Figura 3 – Deformação elástica de instrumentos produzidos na liga NiTi.....	20
Figura 4 – Ilustração do funcionamento do MEV.....	23
Figura 5 – Grupo I da amostra	27
Figura 6 – Grupo II da amostra	27
Figura 7 – Micrótopo na sala de materiais	29
Figura 8 – Dente colado a cera ao bloco de acrílico antes de ser cortado aos 15 mm	29
Figura 9 – Dente no momento de corte aos 15 mm	30
Figura 10 – Dente após ser cortado. Cada dente seccionado tem 15 mm de comprimento.....	30
Figura 11 – Colocação das amostras para visualização no MEV	31
Figura 12 – MEV no Centro de Microscopia Eletrónica e Histopatologia Egas Moniz ...	32
Figura 13 – MEV no Centro de Microscopia Eletrónica e Histopatologia Egas Moniz...	32
Figura 14 – Programa (ESPRIT COMPACT) para obtenção das fotomicrografias para formato digital.....	33
Figura 15 – Programa de ImageJ®	33
Figura 16 – Limas de instrumentação Reverso Silver® em NiTi.....	35
Figura 17 – Limas de instrumentação Go-Taper Universal® - A1 - NiTi.....	35
Figura 18 – Limas de instrumentação Go-Taper Universal® - A2 - NiTi.....	35
Figura 19 – Limas de instrumentação Go-Taper Universal® - B1 - NiTi.....	35
Figura 20 – Limas de instrumentação Go-Taper Universal® - B2 - NiTi.....	35
Figura 21 – Motor de endodontia (VDW.GOLD®)	36

Figura 22 – *Boxplot* da diferença entre as áreas inicial e final, e um total de 18 amostras.39

Figura 23 –*Boxplot* da diferença entre as áreas inicial e final, com valor percentual, e um total de 18 amostras.....39

Figura 24 – *Boxplot* da diferença das áreas em valor percentual, e um total de 15 amostras.....42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de dentes considerados para análise das áreas inicial e final.....	37
Tabela 2 – Número de dentes considerados para análise da diferença de área e diferença de área, em percentagem.....	38
Tabela 3 – Número de dentes considerados para análise das áreas inicial e final, após remoção dos <i>outliers</i>	40
Tabela 4 - Número de dentes considerados para análise da diferença de área e diferença de área em percentagem após remoção de <i>outliers</i>	41
Tabela 5 – Valores da média e desvio padrão, em relação às áreas inicial e final.....	41
Tabela 6 – Valores da média e desvio padrão, em relação à diferença das áreas.....	43
Tabela 7 – Teste de Mann-Whitney e valor de significância.....	44

LISTA DE SIGLAS

AR: ápex radiográfico

CA: constrição apical

FA: forâmen apical

JCD: junção cimento-dentinária

MEV: microscópio eletrônico de varrimento

NiTi: níquel-titânio

NaCl: cloreto de sódio

CBCT: *Cone Beam Computer Tomography*

I. INTRODUÇÃO

A endodontia é uma área da medicina dentária amplamente estudada e com presença assídua na prática clínica de alguns médicos dentistas. Esta vertente engloba a morfologia, fisiologia e patologia da polpa de dentes humanos, e bem assim dos tecidos periradiculares. O profissional deve possuir conhecimentos teóricos e práticos acerca da polpa vital bem como aferir sobre a etiologia, diagnosticar, prevenir, tratar lesões da polpa ou da área perirradicular associada (AAE, 2016).

1.1. Anatomia Canalar

Um adequado tratamento endodôntico requer um conhecimento alargado não só da anatomia dentária, mas também na anatomia canalar. Da reunião destes dois conceitos obtém-se então uma remoção de microrganismos e de tecido pulpar, do mesmo modo que uma devida preparação do canal dentário e a sua posterior obturação (Cleghorn *et al*, 2008).

A primeira classificação a surgir foi proposta por Weine *et al.* em 1969 que caracterizava as particularidades do canal dentário em dentes monorradiculares. Esta classificação está dividida em quatro tipos: tipo I; tipo II; tipo III e tipo IV. Weine relacionava então as divisões do canal principal desde a câmara pulpar até ao ápex dentário. Como representado na figura 1, Vertucci (1974) definiu um novo sistema de classificação baseando-se na avaliação de 200 segundos pré-molares. Este método possui oito configurações diferentes: tipo I; tipo II; tipo III; tipo IV; tipo V; tipo VI; tipo VII e tipo VIII. Para além destas duas principais classificações existem outras, embora mais específicas. A de Kottoor *et al.* (2012) usa-se para classificar molares superiores enquanto que a de Albuquerque (2012) utiliza-se para molares inferiores.

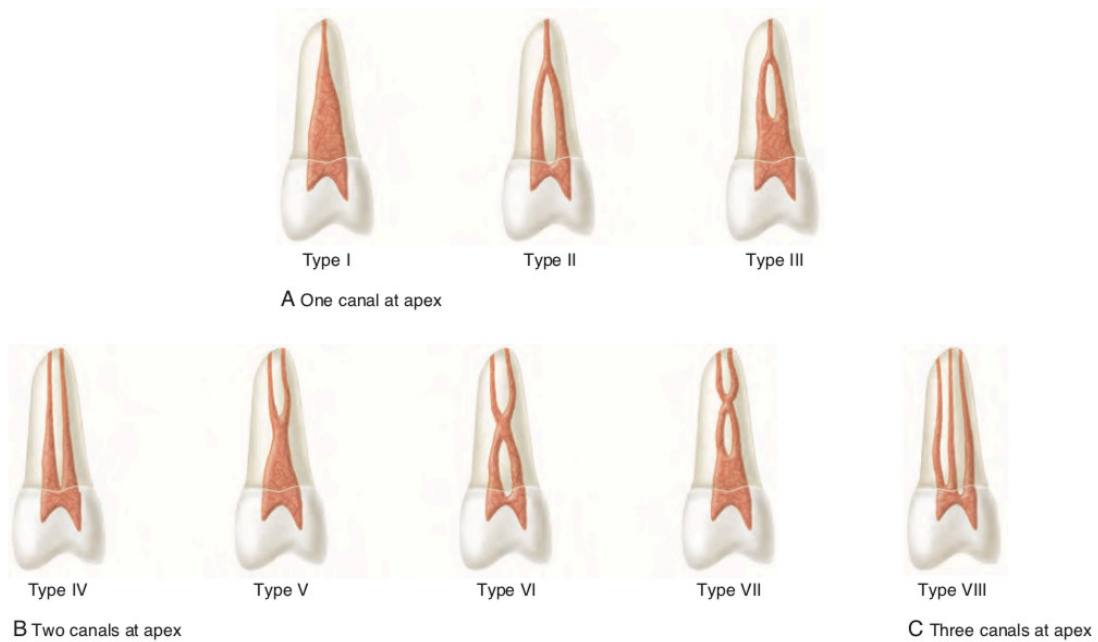


Figura 1 – Classificação de Vertucci (1974)
(Adaptado de Cohen's, 2016)

Mais recentemente, Versiani & Ordinola-Zapata (2015) reuniram dados de revisões previamente publicadas e estudos em que se usou a técnica de micro-CT (*micro computed tomography*), descrevendo 37 tipos diferentes de anatomia canalar.

1.2. Anatomia apical

A zona apical baseia-se em três características principais, sendo elas a constrição apical (CA), a junção cementodentinária (JCD) e o forâmen apical (FA) (Hargreaves, & Berman, 2016).

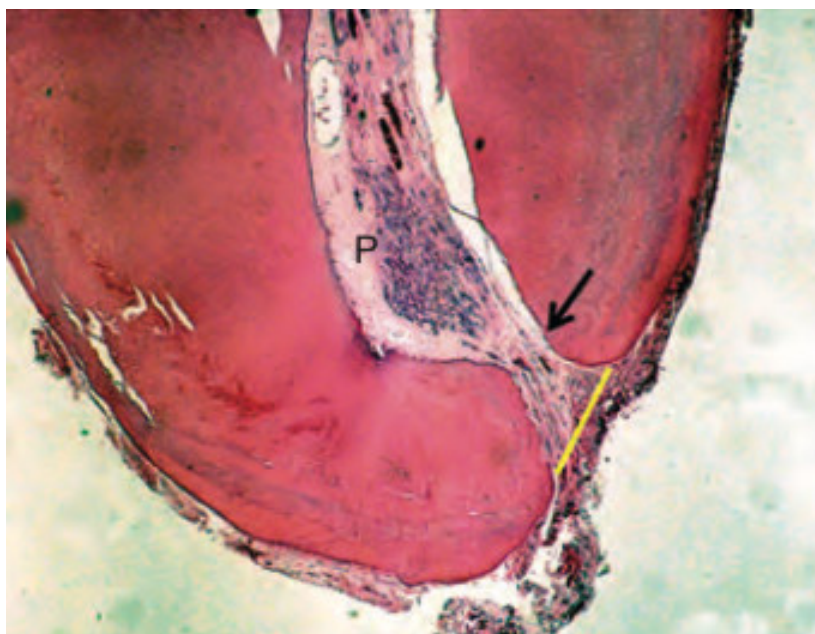


Figura 2 – Imagem histológica da Polpa (P), CA (indicado pela seta), do FA (Adaptado de Cohen, 2016)

Designa-se por região hiperbólica o espaço entre a constrição apical e o forâmen apical. A distância média entre as zonas de menor diâmetro e de maior diâmetro é de 0,5 mm em jovens adultos, com tendência a aumentar para os 0,67 mm em idades mais avançadas (Kuttler, 1955).

O forâmen apical, normalmente, tem a forma aproximada a uma circunferência, semelhante a uma cratera. Diferencia a transição do cimento para o espaço perirradicular. O diâmetro médio do FA é de 502 μm em indivíduos com idades entre os 18 e os 25 anos, e aumenta para os 681 μm em idades a partir dos 55 anos (Kuttler, 1955).

O ápex e o forâmen apical deveriam coincidir, o que não acontece na maioria das vezes, havendo uma discrepância entre os 0.5 mm e os 3 mm, com tendência a aumentar com o avançar da idade. Alguns estudos demonstram que o FA coincide com o ápex dentário em 17% a 46% dos casos. Relativamente a dentes maxilares anteriores, este valor situa-se nos 17% em incisivos centrais e caninos, e 7% para incisivos laterais (Gutierrez & Aguayo, 1995).

Na prática clínica de endodontia, os médicos dentistas consideram a constrição apical como referência para a instrumentação, desinfecção e obturação. Isto deve-se ao facto desta zona possuir o menor diâmetro de todo o canal, pois desde a CA até ao FA o canal alarga (Hargreaves & Berman, 2016). O ápex radiográfico (AR) é a referência mais fiável para se considerar a constrição apical, visto que clinicamente é muito difícil de localizar quer o forâmen apical quer a constrição apical (Wu *et al*, 2000).

O diagnóstico pulpar é um fator importante para determinar até que ponto se podem efetuar os procedimentos que envolvem o tratamento endodôntico. Por este motivo, nos casos em que há necrose pulpar com envolvimento de bactérias na zona apical, o tratamento pode ficar comprometido. Nestes casos, estudos (Sjögren *et al*, 1990) demonstram que os procedimentos endodônticos deverão ficar 2 mm aquém do AR ou então 2 mm para além do AR. Caso o clínico considere ficar aquém dos 2 mm ou estender-se para além dos 2 mm do AR, o sucesso diminui em 20%. Esta diminuição acentua a probabilidade de se verificarem acontecimentos de *flare-up*.

De acordo com Tsesis *et al*. (2008):

O *flare-up* é uma “complicação do tratamento endodôntico, definindo-se como uma exacerbação aguda associada a polpa assintomática ou patologia do tecido periapical, após início ou durante o tratamento do canal radicular”.

Kherlakian *et al*. (2016) afirma que os *flare-ups* têm uma incidência de 1,4% - 16% durante o tratamento endodôntico. Em situações normais, os procedimentos deverão cingir-se a 1 a 2 mm aquém do AR, permitindo um selamento apical de tecido perirradicular que previne, por exemplo, a extrusão de material de obturação para o espaço periapical e a sobinstrumentação. Este estudo está em concordância com o de Tsesis *et al*. (2008), onde afirma que numa amostra de 982 paciente, a incidência de *flrase-up* é de 8,4%.

De entre as principais causas da ocorrência de *flare-up* encontram-se por um lado as mecânicas e por outro as químicas. Nas primeiras incluem-se a instrumentação canalar aquém da constrição apical; a sobinstrumentação que está intimamente relacionada com o transporte do forâmen apical; e o transporte de tecido pulpar infetado para o tecido

perirradicular. Nas segundas inclui-se o trespassse apical de irrigantes para o tecido periapical (Tsesis, 2008).

Assim sendo, o sucesso do tratamento endodôntico está intimamente relacionado com as possíveis alterações que se provocam nas estruturas que constituem o canal dentário, nomeadamente o ápex radicular. A experiência e habilidade do clínico, o uso do instrumental correto bem como o conhecimento da anatomia dentária são fatores determinantes para o sucesso do tratamento (Hargreaves & Berman, 2016).

1.3. Instrumentação

A expressão *cleaning and shaping* é utilizada para se referir ao ato de instrumentar o canal dentário. Contudo, a forma mais correta de se aplicar é *shaping and cleaning*. Isto deve-se ao facto de primeiramente ao canal ser removido tecido, que poderá estar infetado, e posteriormente ao alargamento do canal (*shaping*), conferindo-lhe uma conicidade adequada. Estes procedimentos permitirão então uma limpeza e desinfeção canalar, surgindo então o *cleaning* (Ruddle, 2002).

De entre os diversos objetivos principais da preparação canalar destacam-se quatro: eliminação dos tecidos mole e duro que estejam infetados; alargamento do canal para facilitar o acesso dos irrigantes à zona mais apical; alargamento do canal para que a medicação intracanal atinja todas as superfícies e facilitar a obturação; e manutenção da integridade radicular (Basmadjian-Charles, 2002).

1.3.1 Objetivos mecânicos

Os objetivos mecânicos relacionam-se com a parte instrumental usada durante o tratamento endodôntico, particularmente as limas mecânicas. Estas têm capacidade de corte que influencia a quantidade de tecido dentinário remanescente após o uso das limas.

A manutenção do máximo de tecido dentinário radicular tem impacto no resultado final do tratamento endodôntico. Uma espessura de dentina radicular adequada previne

fraturas radiculares, aumenta a resistência ao material obturador e amplia a resiliência quando em função (Degerness, 2010).

McCann *et al.* (1990) afirma que os sistemas de limas para instrumentação do canal não afetam significativamente a quantidade de dentina ao ponto de comprometer a integridade da raiz. O principal fator que predita as futuras complicações é a espessura inicial de dentina, ou seja, a dentina pré-instrumentação.

No estudo que Garala (2003) desenvolveu e no qual avaliou a espessura pós-instrumentação de 26 primeiros molares, 184 segmentos linguais e vestibulares foram analisados. Obtiveram-se 29 segmentos nos quais a quantidade de parede dentinária removida foi superior a 25%, porém apenas um segmento possuiu mais do que 55% da parede dentinária removida.

1.3.2 Objetivos biológicos

A instrumentação mecânica por si só não é suficiente para uma eficaz eliminação de microrganismos. Há necessidade de se coadjuvar a instrumentação com o uso de irrigantes que contenham características antimicrobianas e de dissolução de tecido pulpar. O hipoclorito de sódio (NaCl) é um exemplo frequentemente utilizado na prática clínica (Albrecht, 2004).

A ação dos irrigantes é ideal quando alcança todo o canal, visto que tem a finalidade de remover todos os possíveis detritos, tecido mole e tecido duro, para além da desinfecção contra microrganismos (Albrecht, 2004).

1.3.3 Objetivos técnicos

Para além da remoção mecânica de dentina, a instrumentação possui outra finalidade, a de conferir ao canal uma conicidade (Paraskevopoulou, 2016).

Esta característica tem elevada importância, visto que auxilia na eliminação de detritos, além de permitir um maior volume de irrigante (Paraskevopoulou, 2016).

Os resultados do estudo de Paraskevopoulou (2016) demonstraram que um aumento da conicidade do canal de 4% para 8% aumenta significativamente a eliminação das bactérias que se encontram dentro do canal.

Devido a este fator, houve a necessidade de se introduzir limas que aguentassem elevados graus de torção, do mesmo modo que elevada flexibilidade (Walia, 1988).

1.3.4 Erros de procedimento

Uma das vantagens no uso de limas de aço inoxidável encontra-se na sensibilidade tátil, contudo como são pouco flexíveis e pouco deformáveis aumentam a probabilidade de cometer iatrogenias (Cohen, 2016).

Os dentes diferem entre si e de indivíduo para indivíduo. As variações podem incluir curvaturas acentuadas, irregularidades anatómicas, diferentes diâmetros e conformações ao longo de todo o canal. Este tipo de alterações aumentam a incidência de ângulos, transporte apical, degraus e até mesmo perfurações (Garala, 2003).

A fim de se compensar este tipo de situações, introduziram-se os sistemas de limas rotatórios em ligas de níquel-titânio (Garala, 2003).

1.3.5 Limas em Níquel-Titânio (NiTi)

A introdução de instrumentos endodônticos produzidos na liga de NiTi foi alcançada pela primeira vez em 1988. Esta liga metálica oferece diversas vantagens, entre elas uma maior flexibilidade, maior habilidade de corte, e uma instrumentação mais centrada ao ápex (Ahn, 2016).

Definem-se as limas NiTi como aquelas que apresentam na sua constituição o níquel-titânio conhecido cientificamente, pela sigla Ni-Ti-NOL. As percentagens são de 55% de níquel e 45% de titânio (Schafer, 1997).

As propriedades de elevada flexibilidade, efeito de memória elástica e elevada resiliência são alcançadas através do tratamento com elevadas temperaturas da liga metálica NiTi, técnica M-Wire (Goo *et al.*, 2017), de acordo com o ilustrado na figura 3.

Mais recentemente, surgiram novas técnicas de tratamento da liga NiTi, como o método CM-Wire. Neste tipo de limas, a fase austenítica passa à fase martensítica através da carga de stress aplicada (Young, 2005). A fase martensítica é instável a temperaturas superiores à da etapa final da fase austenítica, e por isso regressa à austenite por transformação reversa aquando da remoção da carga (Santos, 2013).

Estudos demonstram que os instrumentos feitos através da técnica CM-Wire apresentam entre 300% a 700% maior resistência à fratura por fadiga, em comparação com as limas pela técnica de M-Wire (Pedullá, 2016).



Figura 3 – Deformação elástica de instrumentos produzidos na liga NiTi.
(Adaptado de Cohen, 2016)

1.3.6 Movimento reciprocante e movimento rotatório contínuo

O modo reciprocante difere do modo de rotação contínua pelo facto de o primeiro ter dois tipos de rotação. Um tipo é no sentido dos ponteiros do relógio e outro tipo é no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio (Agarwall, 2015).

No movimento reciprocante temos, por um lado, a rotação de maior ângulo que é contra o sentido dos ponteiros do relógio e tem efeito de corte. Este tem a finalidade de fazer avançar a lima ao longo do canal dentário. Por outro lado, temos a rotação de menor ângulo que é no sentido dos ponteiros do relógio e tem a finalidade de remover a lima da parede dentinária para que não fique presa (Burklein & Dietrich, 2012).

Nos sistemas de rotação contínua, as limas possuem secções de corte diferentes e variáveis ao longo da parte ativa. Caso contrário poderia conduzir à acumulação de tensões que levariam à fratura da lima. Este fator imita a rotação no sentido dos ponteiros do relógio das limas de movimento reciprocante para que não fiquem presas à parede do canal (Dhingra, 2014).

Tambe *et al.* (2015) concluíram então que o sistema de preparação do canal com apenas uma lima (movimento reciprocante) provoca um menor transporte apical do que o sistema de várias limas (movimento de rotação contínua).

Em 2016 foi introduzido no mercado um sistema de limas de instrumentação que reúne os dois tipos, quer o movimento reciprocante quer o movimento de rotação contínua. O sistema é o The Genius® (Gavini *et al.*, 2018).

Em primeiro lugar, o canal é preparado com o movimento reciprocante, com uma angulação de 90° no sentido dos ponteiros do relógio e de 30° no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio. Este passo permite ajustar o canal à lima e facilitar o uso das limas seguintes (Gavini *et al.*, 2018).

Em segundo lugar, as limas com rotação contínua terminam a preparação do canal, pois a quantidade de dentina removida é maior e evita a extrusão de detritos para o espaço perirradicular (Gavini *et al.*, 2018).

1.3.7 Efeito de transporte apical

O transporte apical inclui-se no grupo que reúne os erros de procedimento aquando da instrumentação canalar (Cohen, 2016).

De acordo com a Associação Americana de Endodontistas (2012):

O transporte apical define-se como “a remoção da estrutura do canal que está na curvatura apical exterior ao canal, devido à tendência que as limas têm de retornar à sua forma original durante a preparação do canal”.

Uma alteração do eixo do forâmen relativamente ao dente devido ao transporte apical pode surtir como dano os degraus e os falsos trajetos (Cohen, 2016).

A fim de se reduzir a ocorrência de erros durante os tratamentos endodônticos introduziu-se, para além das limas em NiTi, diferentes movimentos de limas: movimento reciprocante e movimento rotatório contínuo. No que ao movimento reciprocante diz respeito pode-se afirmar que trouxe mais vantagens, destacando-se entre elas a melhoria na segurança no momento da instrumentação (Ahn, 2016).

Wu *et al.* (2000) afirmam que um valor de transporte apical acima de 300 µm pode comprometer o sucesso do tratamento endodôntico, afetando negativamente a capacidade de selamento dos canais durante a obturação.

1.3.8 MEV (Microscópio Eletrónico de Varrimento)

Os principais componentes de um MEV são: a fonte de eletrões; a coluna por onde os eletrões passam e que contém diversas lentes eletromagnéticas; câmara onde se coloca a amostra; detetor de eletrões; e computador onde se visualiza a imagem (Figura 4).

Para se obter uma imagem através do MEV são necessários alguns passos.

Primeiramente, coloca-se a amostra dentro da câmara e acionam-se bombas que irão causar vácuo dentro daquela. De seguida, os eletrões são excitados e forma-se uma coluna de eletrões que passam por uma série de lentes eletromagnéticas a fim de se formar um feixe cónico, embatendo contra a amostra. Por último, os eletrões são capturados pelos

detetores de elétrons que transferem a informação a um computador para finalmente se obter a imagem varrida.

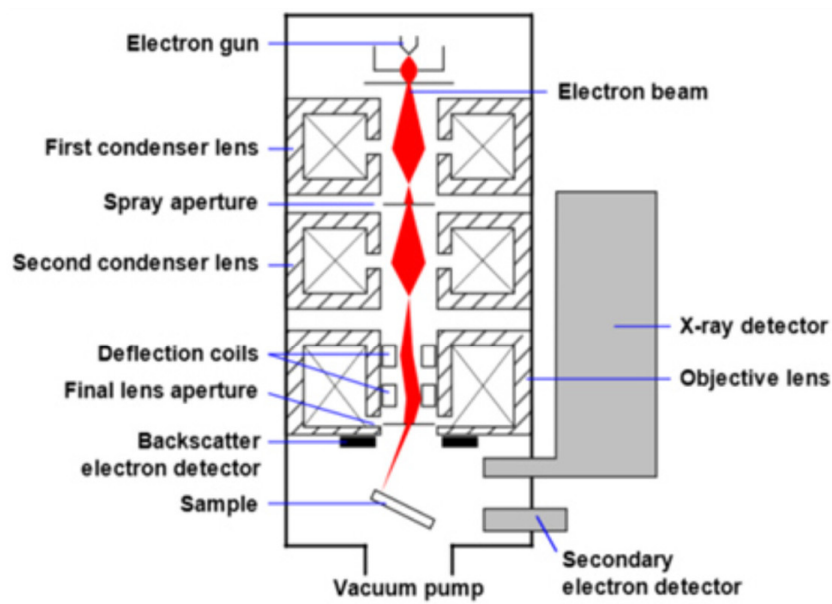


Figura 4 – Ilustração do funcionamento do MEV

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão enunciados os materiais e métodos, nos quais se inclui a caracterização do estudo e a sua relevância, o local de realização, descrição dos objetivos e hipóteses, indicada a amostra, e os procedimentos de realização e recolha de dados.

1.4. Caracterização do estudo e a sua relevância

O estudo define-se como “estudo piloto”, ou seja, todos os procedimentos são realizados em pequena escala, a fim de se avaliar todos os parâmetros da investigação. Este método possibilita o ajuste dos métodos que antecedem a investigação propriamente dita. A função do estudo piloto é também encontrar possíveis falhas e definir o que está metodologicamente correto, para que possam ser estabelecidos os materiais e métodos.

Os tratamentos endodônticos são procedimentos cada vez mais usados na Medicina Dentária. A preocupação em manter o maior número de dentes na cavidade oral leva a que cada vez mais pessoas definam como primeira opção a endodontia e só em último recurso a respetiva extração. Devido a este panorama há uma procura acentuada em: melhorar o conforto do doente; diminuir os passos necessários para a conclusão do tratamento; utilizar brocas que minimizem o trauma; utilizar irrigantes com máxima eficácia possível e que minimizem os efeitos secundários. Neste trabalho foram usadas limas que reúnem maior resistência e flexibilidade. Isto permite causar menor iatrogenia, tal como degraus, ângulos, perfurações, falsos trajetos, e transporte apical. Por fim, procede-se a aplicação de material obturador que confere maior selamento e aumento da resistência do dente à função.

1.5. Local de realização

O estudo foi realizado no Instituto Universitário Egas Moniz, nomeadamente no Centro de Microscopia Eletrónica e Histopatologia Egas Moniz do Centro de

Investigação Interdisciplinar Egas Moniz (CiiEM), e orientado pelo Professor Doutor António Alves de Matos.

1.6. Hipóteses e objetivos

1.6.1 Objetivo geral

Este estudo tem como finalidade a comparação entre dois sistemas de limas, respetivamente o Reverso Silver® e o Go-Taper Universal®, através da medição da área de forâmen apical antes e após a instrumentação. Esta determinação permite avaliar indiretamente o efeito de transporte do forâmen apical.

1.6.2 Objetivo Específico

Concluir acerca da existência de diferenças na abertura do canal, usando, por um lado, um sistema de limas com movimento rotatório com uma sequência de quatro limas (Go-Taper Universal®) e, por outro, um sistema de limas com movimento recíprocante com o uso de apenas uma lima (Reverso Silver® na preparação de todo o canal.

1.6.3 Hipóteses do estudo

H₀: Não há diferenças entre o uso de limas com movimento recíprocante ou movimento rotatório.

H₁: Há diferenças entre o uso de limas com movimento recíprocante ou movimento rotatório.

1.7. Amostra

Nesta investigação, a amostra foi composta por dentes humanos monorradiculares num total de 18 dentes, que foram divididos em dois grupos, como representado nas figuras 5 e 6.

Ao grupo I, que foi instrumentado com as limas Reverso Silver[®], pertenciam 9 dentes identificados da seguinte forma: I-1 para o primeiro dente, I-2 para o segundo dente, e sucessivamente até dente I-9.

Ao grupo II, que foi instrumentado com limas Go-Taper Universal[®], pertenciam 9 dentes identificados da seguinte forma: II-1 para o primeiro dente, II-2 para o segundo dente, e sucessivamente até ao dente II-9.



Figura 5 – Grupo I da amostra.



Figura 6 – Grupo II da amostra.

Da amostra inicial de dentes procedeu-se à remoção de alguns que não cumpriam os critérios previamente definidos e abaixo enunciados.

1.7.1 Critério de inclusão

Os critérios usados para que as amostras pudessem fazer parte do estudo foram:

- Dente monorradicular de um canal;
- Raiz de dente completamente formada;
- Dentes onde a lima 10 K-file tem passagem apical;
- Dente hígido.

1.7.2 Critério de exclusão

Os critérios usados para excluir possíveis amostras foram:

- Dente com cáries de esmalte e/ou dentina a nível da coroa;
- Dente com cáries radiculares;
- Dente endodonciado;
- Dente com calcificação da polpa;
- Dente com reabsorções externa/interna;
- Dente multirradicular.

1.8. Procedimento

Após obtenção da amostra, todos os dentes foram padronizados para que a amostra fosse o mais uniforme possível. Assim, foi medida uma distância de 15 mm a partir da raiz em direção coronária. Fez-se uma secção aos 15 mm com o auxílio de um micrótomo (Figura 7).

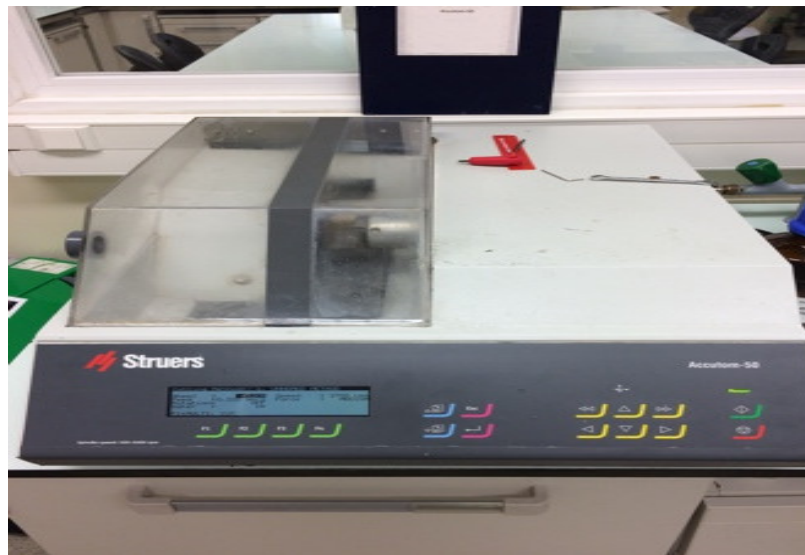


Figura 7 – Micrótopo na sala de materiais.



Figura 8– Dente colado a cera ao bloco de acrílico antes de ser cortado aos 15 mm.

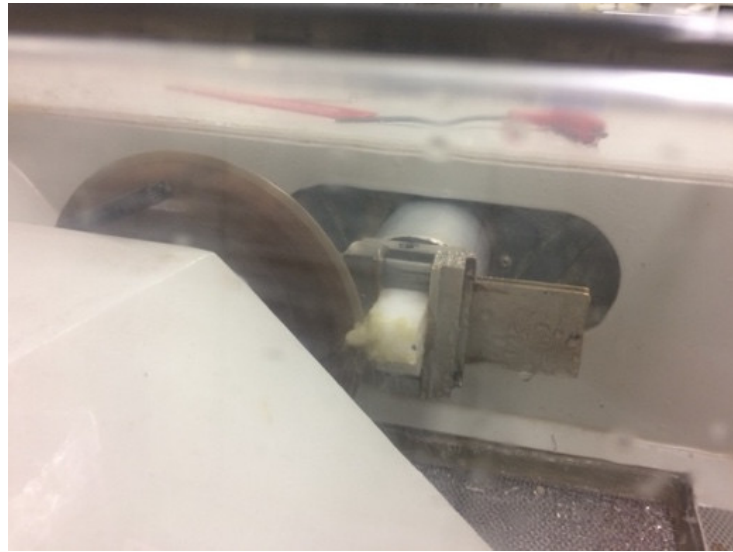


Figura 9 - Dente no momento de corte aos 15 mm.



Figura 10 – Dente após ser cortado. Cada dente seccionado tem 15 mm de comprimento.

Para se obterem imagens do forâmen apical de cada dente, foram realizadas fotomicrografias, antes e depois da instrumentação, com o auxílio do MEV (JSM-5400, JEOL, Tokyo, Japan). A fim de se uniformizar a amostra, os dentes foram colocados com a raiz a perpendicular à base do microscópio, com o forâmen apical direcionado para cima. A observação e fotografia foram feitas sem recobrimento metálico, com uma alta tensão 3KV e uma ampliação de 100x, de acordo com o método de Silva *et al.* (2014).



Figura 11 – Colocação das amostras para visualização no MEV.



Figura 12 – MEV no Centro de Microscopia Eletrônica e Histopatologia Egas Moniz.



Figura 13 - MEV no Centro de Microscopia Eletrônica e Histopatologia Egas Moniz.

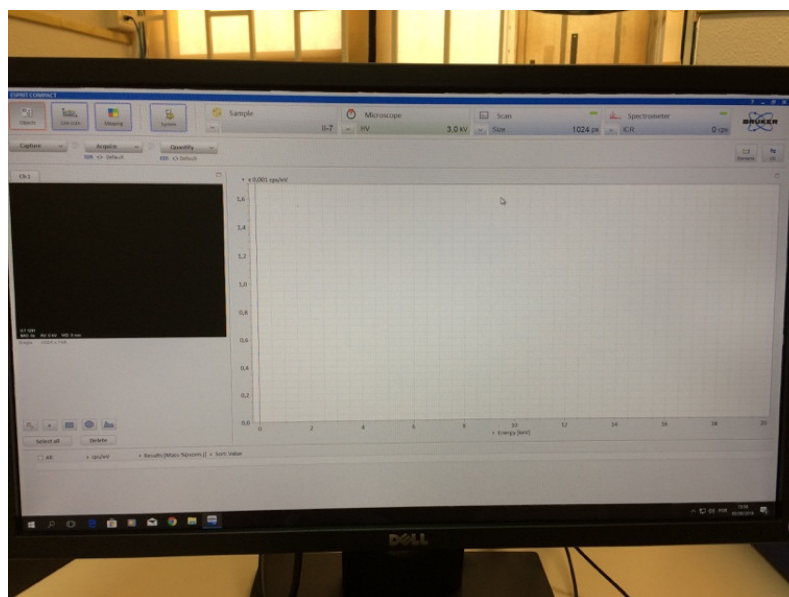


Figura 14 – Programa (ESPRIT COMPACT) para obtenção das fotomicrografias para formato digital.

As fotomicrografias foram analisadas com o programa Image J® a uma ampliação padronizada de 200%, para determinação da área aberta do forâmen apical. Foram realizadas quatro medições, todas elas usadas para cálculo da média.

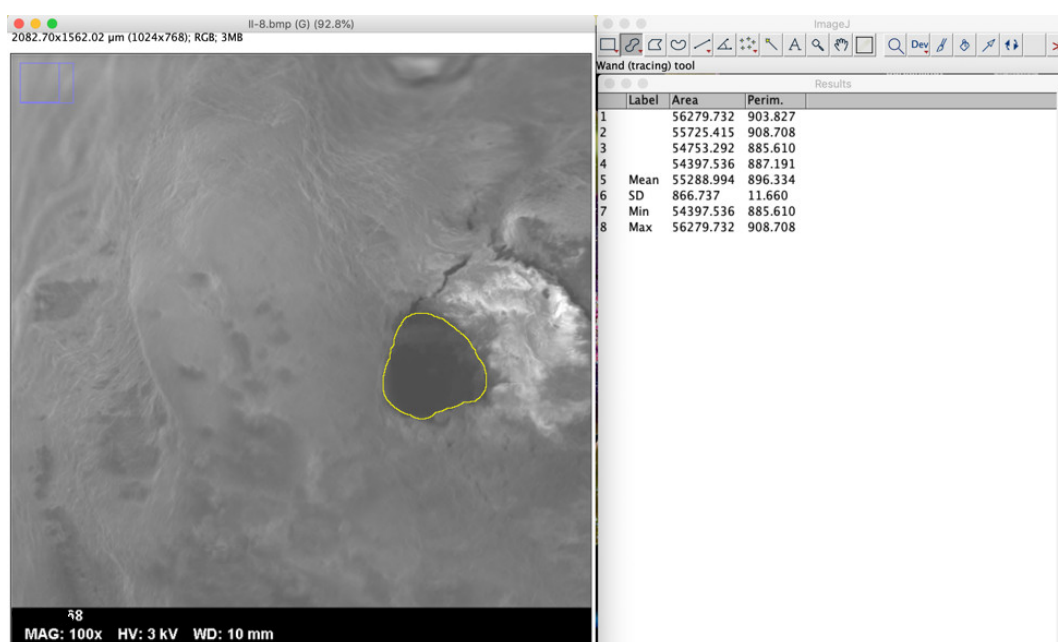


Figura 15 – Programa de ImageJ®

Posteriormente, cada grupo de dentes foi instrumentado. O grupo I foi instrumentado com o sistema de limas Reverso Silver[®], sendo que a lima utilizada para toda a instrumentação foi a SO25 com 8% de conicidade e diâmetro de ponta de 0,25mm. O movimento deste sistema é do tipo reciprocante. Foi utilizada irrigação com NaCl a 0.9% com agulha e seringa. O comprimento de trabalho foi definido como 14,5 mm em todos os dentes do grupo I. A instrumentação dava-se como terminada quando o *stop* da lima alcançava a base da coroa.



Figura 16 – Limas de instrumentação Reverso Silver[®] em NiTi.

No grupo II utilizou-se o sistema de limas Go-Taper Universal[®], que é composto por uma sequência de no mínimo 5 (cinco) limas: A0, A1, A2, B1 e B2. Contudo, nesta investigação descartou-se a lima A0, por ter como única função o alargamento coronário para facilitar o acesso ao canal. As limas possuem a seguinte conicidade e diâmetro de ponta, respectivamente: A1 - 2% e 0,18 mm; A2 - 4% e 0,20 mm; B1 7% e 0,20 mm; B2 - 8% e 0,25 mm. (podes manter texto original, ainda que mais pesado!). O movimento deste sistema é do tipo rotatório. A irrigação utilizada foi com NaCl a 0,9% com agulha e seringa. O comprimento de trabalho foi definido como 14,5 mm em todos os dentes do

grupo II. A instrumentação dava-se como terminada quando o *stop* da lima alcançava a base da coroa.



Figura 17 – Limas de instrumentação Go-Taper Universal® - A1 - NiTi.



Figura 18 – Limas de instrumentação Go-Taper Universal® - B2 - NiTi.



Figura 19 – Limas de instrumentação Go-Taper Universal® - B1 - NiTi.



Figura 20 – Limas de instrumentação Go-Taper Universal® - B2 - NiTi.

A escolha do mesmo diâmetro de ponta final para ambos os sistemas deve-se ao facto de não se colocarem variáveis diferentes em cada grupo.

A instrumentação necessitou de um motor de endodontia (VDW.GOLD[®], Munich).

As etapas da instrumentação realizaram-se segundo as indicações de cada fabricante.



Figura 21 – Motor de endodontia (VDW.GOLD[®])

Uma vez realizada a instrumentação de todas as amostras, procedeu-se a novas medições de área através do programa Image J[®].

Após a realização das medições, o tratamento dos dados obtidos foi executado através dos testes Mann-Whitney e Shapiro-Wilk, no programa IBM SPSS[®].

III. RESULTADOS

Numa primeira análise estatística, a amostra distribuía-se por dois grupos com 9 dentes cada, totalizando 18 dentes.

Tabela 1 – Número de dentes considerados para análise das áreas inicial e final.

		Casos					
		Válido		Omissos		Total	
	Grupo	N	Percentagem	N	Percentagem	N	Percentagem
Área – inicial	Reverso Silver®	9	100%	0	0%	9	100%
	Go-Taper Universal®	9	100%	0	0%	9	100%
Área – final	Reverso Silver®	9	100%	0	0%	9	100%
	Go-Taper Universal®	9	100%	0	0%	9	100%

Considerou-se o número de dentes usados para análise da área inicial que representa a área pré-instrumentação, bem como para a área final que representa a área pós-instrumentação, tal como apresentado na tabela 1.

Na tabela 2, estão apresentadas as amostras utilizadas para a análise da diferença entre as áreas inicial e final, e bem assim a sua transferência para o valor de percentagem.

Tabela 2 – Número de dentes considerados para análise da diferença de área e diferença de área percentual.

		Casos					
		Válido		Omissos		Total	
	Grupo	N	Percentagem	N	Percentagem	N	Percentagem
Área – diferença	Reverso Silver®	9	100%	0	0%	9	100%
	Go-Taper Universal®	9	100%	0	0%	9	100%
Área – diferença (%)	Reverso Silver®	9	100%	0	0%	9	100%
	Go-Taper Universal®	9	100%	0	0%	9	100%

De seguida apresentam-se as *boxsplot* ilustrativas sobre a distribuição da amostra, no que diz respeito à diferença das áreas, e a diferença das áreas em percentagem.

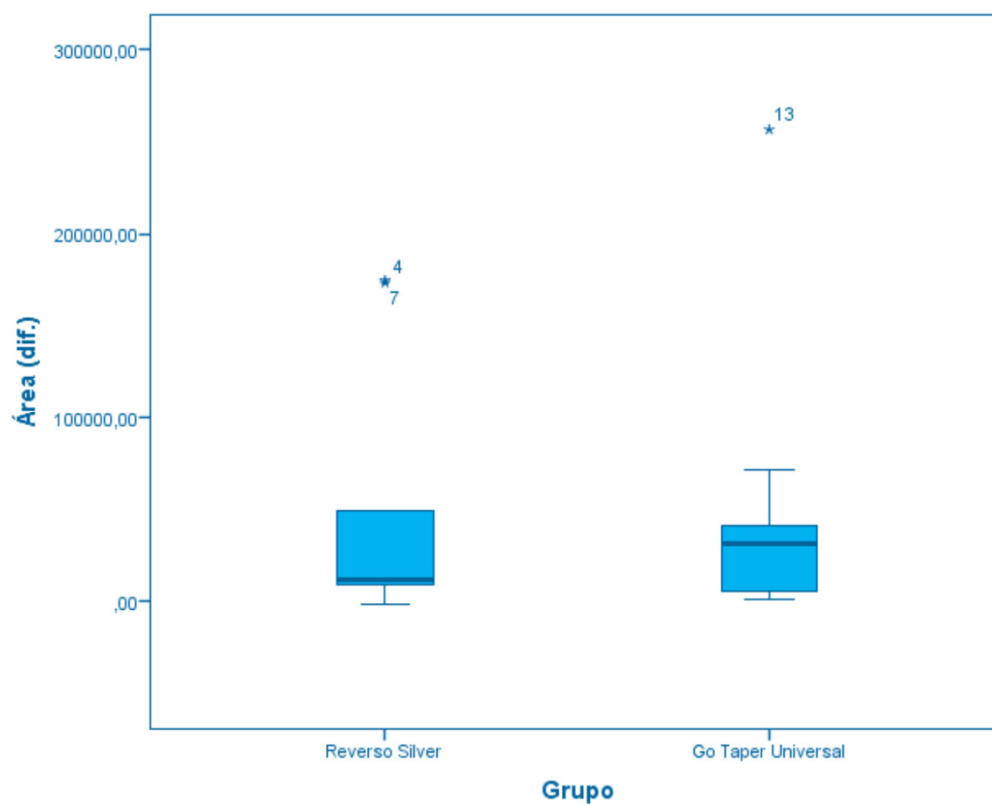


Figura 22 - *Boxplot* da diferença entre as áreas inicial e final, e um total de 18 amostras.

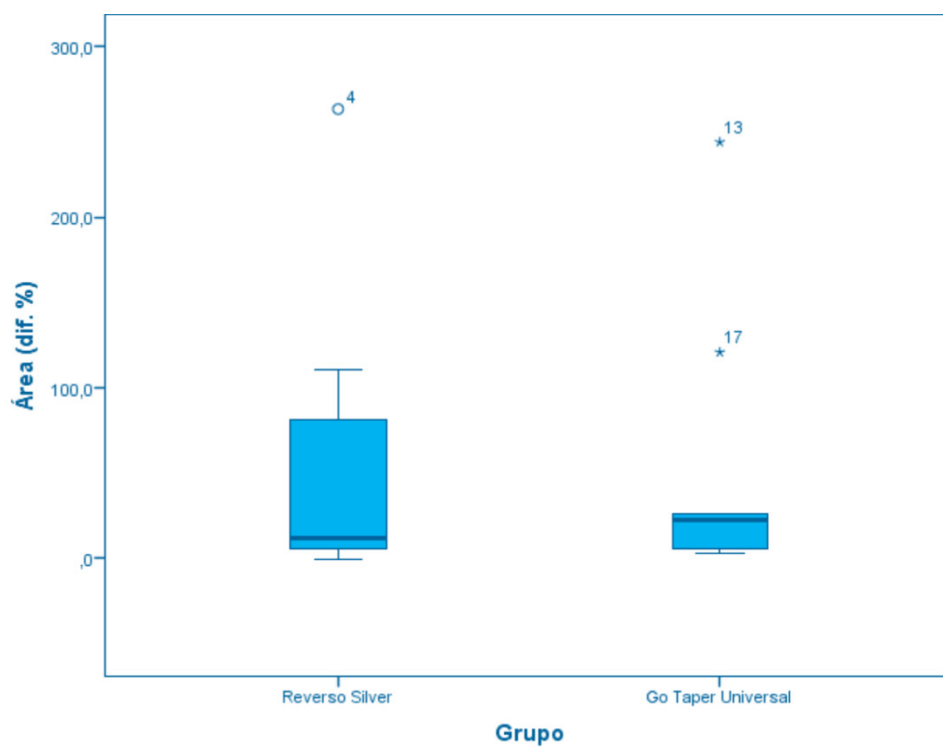


Figura 23 - *Boxplot* da diferença entre as áreas inicial e final, com valor percentual, e um total de 18 amostras.

Após análise das figuras 21 e 22, contabilizando as 18 amostras, conclui-se que existem pelo menos três valores considerados como aberrantes: o dente 4 do grupo I e os dentes 4 e 8 do grupo II são os valores em causa. Por este motivo, removeram-se estes valores a fim de se realizar nova análise estatística.

Então, o grupo I (Reverso Silver[®]) terminou com 8 dentes e o grupo II (Go-Taper Universal[®]) terminou com 7 dentes (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 - Número de dentes considerados para análise das áreas inicial e final, após remoção dos *outliers*

		Casos					
		Válido		Omissos		Total	
	Grupo	N	Percentagem	N	Percentagem	N	Percentagem
Área – inicial	Reverso Silver [®]	8	88,9%	1	11,1%	9	100%
	Go-Taper Universal [®]	7	77,8%	2	22,2%	9	100%
Área – final	Reverso Silver [®]	8	88,9%	1	11,1%	9	100%
	Go-Taper Universal [®]	7	77,8%	2	22,2%	9	100%

Tabela 4 - Número de dentes considerados para análise da diferença de área e diferença de área em percentagem após remoção de *outliers*

		Casos					
		Válido		Omissos		Total	
	Grupo	N	Percentagem	N	Percentagem	N	Percentagem
Área – diferença	Reverso Silver®	8	88,8%	1	22,2%	9	100%
	Go-Taper Universal®	7	77,8%	2	11,1%	9	100%
Área – diferença (%)	Reverso Silver®	8	88,8%	1	22,2%	9	100%
	Go-Taper Universal®	7	77,8%	2	11,1%	9	100%

Tabela 5 – Valores da média e desvio padrão, em relação às áreas inicial e final

	Grupo	Média	Desvio Padrão
Área – inicial	Reverso Silver®	140931,8125 μm	64544,9005
	Go-Taper Universal®	113211,7714 μm	49502,0705
Área – final	Reverso Silver®	178020,714 μm	96610,97285
	Go-Taper Universal®	132486,8000 μm	62289,11905

Para facilitar a compreensão dos resultados optou-se por os transferir para percentagem. Usou-se a diferença das áreas, pois é o dado de comparação que nos permite aferir acerca da alteração do forâmen apical, e consequentemente avaliar indiretamente o transporte do forâmen apical.

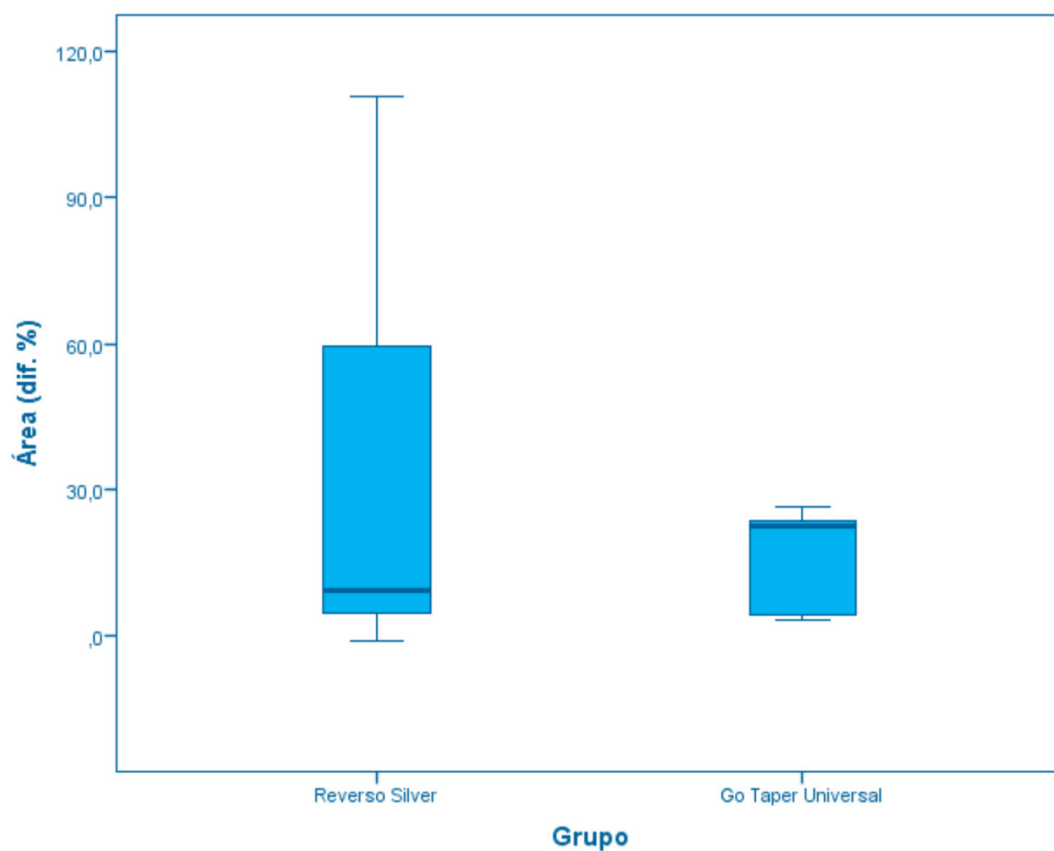


Figura 24 – *Boxplot* da diferença das áreas em valor percentual, e um total de 15 amostras.

Tabela 6 – Valores da média e desvio padrão, em relação à diferença das áreas

	Grupo	Média	Desvio Padrão
Área – diferença	Reverso Silver [®]	37088,9125 μm	58020,2629
	Go-Taper U niversal [®]	19275,0429 μm	19275,0429
Área – diferença (%)	Reverso Silver [®]	32,113%	41,9426
	Go-Taper U niversal [®]	15,357%	10,8041

De acordo com a tabela 6 pode constatar-se que a média da diferença percentual de área entre o grupo I (Reverso Silver[®]) é maior comparativamente ao grupo II (Go-Taper Universal[®]). Demonstrou-se também que o desvio padrão é, aproximadamente, quatro vezes superior no grupo I (Reverso Silver[®]), relativamente ao grupo II (Go-Taper Universal[®]).

Com o propósito de se fazer uma análise mais específica dos dados, ponderou-se usar o teste T-Student, embora não tenha sido possível. Para que se realize o teste T-Student, há necessidade de reunir pelo menos três parâmetros: remover todos os *outliers*; a variável em causa ser escalar; a distribuição da amostra ser normal. Contudo, a amostra não reúne o parâmetro de distribuição normal, impossibilitando o uso do teste aludido.

Após a conclusão acerca destes critérios, excluiu-se o teste T-Student e avançou-se para o teste Mann-Whitney. Neste teste, que compara toda a amostra ao invés de apenas

a média como faz o teste T-Student. Verificou-se que o valor de significância era de 0,643.

Um valor de significância de 0,643 indica que a amostra tem uma distribuição aleatória, pois para ter significância estatística o valor de P tem de ser inferior a 0,05.

Tabela 7 – Teste de Mann-Whitney e valor de significância

U de Mann-Whitney	24,0
Significância	0,643

IV. DISCUSSÃO

No que se refere aos resultados deste estudo exploratório, existem vários fatores importantes a referir.

Em primeiro lugar, as limas para tratamento endodôntico têm sofrido grandes alterações ao longo do tempo. Inicialmente usavam-se limas constituídas por aço inoxidável, que são rígidas e dificilmente se adaptam a irregularidades do canal (Kazemi, 2000). O aparecimento das limas confeccionadas em Níquel-Titânio (NiTi) proporcionaram aos seus utilizadores maior segurança aquando da instrumentação, devido às suas propriedades elásticas (Galal, 2019).

Entre os dois tipos de movimento de limas, o recíprocante é o que apresenta mais benefícios, pois o efeito de torção da lima quando esta fica presa à dentina é menor. Este benefício é conseguido pelo facto de possuir rotação em dois sentidos opostos. O efeito de torção da lima encontra-se muito associado ao movimento de rotação contínua (Chapela *et al.*, 2017).

No presente estudo tinha-se como principal objetivo comparar o efeito de transporte apical entre dois sistemas de limas, um com movimento recíprocante (Reverso Silver[®]) e outro com movimento de rotação contínua (Go-Taper Universal[®]).

Um estudo de revisão sistemática realizado em 2016 por Ahn *et al.* comparou o efeito das limas de NiTi, associando os dois tipos de movimento: recíprocante e rotatório contínuo. Analisaram-se diversos fatores, tais como resistência à fadiga, extrusão apical de detritos, defeitos na dentina, e o transporte apical. Destaca-se este último fator. De entre os artigos seleccionados, uns usaram estudos *in vitro* através de blocos em resina, enquanto outros optaram por estudo *ex vivo* com dentes humanos.

Após análise dos artigos com estudos *in vitro*, concluíram que a maior taxa de transporte apical está relacionada com o movimento de rotação contínua. Não obstante, os resultados dos estudos *ex vivo* com dentes naturais não foram consistentes. De entre as diversas justificações que poderão existir, está o facto de os blocos de resina não conseguirem replicar as variabilidades anatómicas dos dentes humanos é das mais aceites, pois cada bloco está padronizado.

Um outro estudo realizado por Alrahabi *et al.* (2018), onde reuniu 30 dentes humanos e 30 blocos de resina, que replicavam o canal dentário, avaliou o transporte apical comparando os dois tipos de movimentos. Em concordância com a revisão sistemática de Ahn *et al.* (2016), não se verificaram diferenças significativas entre os dois sistemas de instrumentação quando a unidade de avaliação são os dentes naturais; contudo obtiveram um valor de significância de $P < 0.05$ quando se tinha em conta os blocos de resina.

No estudo de Chapela *et al.* (2017) usaram-se 50 dentes para avaliar o transporte do forâmen apical em dois sistemas de limas, um com movimento recíprocante e outro com movimento de rotação contínua. Ao invés de se usar o MEV para avaliação, o método utilizado foi o CBCT (*Cone Beam Computer Tomography*). Realizaram fotografias pré-instrumentação e pós-instrumentação. Concluiu-se que não há diferenças significativas entre o sistema de rotação contínua e o sistema recíprocante.

Os resultados obtidos desta investigação estão em concordância com diversos estudos, tais como o de Ahn *et al.* (2016), o de Alrahabi *et al.* (2018) e o de Chapela *et al.* (2017). Isto é, não há diferenças significativas no transporte do forâmen apical entre dois sistemas de limas, um com movimento recíprocante e outro com movimento de rotação contínua. Em todos estes estudos, o elemento comum de avaliação é o dente humano.

Contrariamente aos estudos indicados acima, Franco *et al.* (2011) concluiu, no seu estudo com blocos de resina, que o movimento de lima que apresenta maior transporte do forâmen apical é do tipo rotação contínua.

O dente é um constituinte idiopático. Por este motivo não se consegue obter um canal dentário com características previamente controladas, nomeadamente na forma, conicidade, canais acessórios, curvatura do canal, espessura de dentina intracanal, diâmetro do ápex, comprimento da raiz, entre outros fatores. O mesmo não acontece com os blocos de resina usados para replicar o dente humano. Nestes blocos é possível, com um grande grau de certeza, controlar as características que queremos avaliar.

Neste estudo exploratório verificaram-se diversas complicações que colocaram variáveis não possíveis de controlar.

A localização do ápex não está perfeitamente alinhada com o eixo da raiz, e por isso houve necessidade de alterar a angulação de observação ao MEV. As irregularidades que o ápex possui complicaram muito a medição da área, quer no pré-instrumentação, quer no pós-instrumentação. Contudo, o programa utilizado para mediação das áreas é bastante intuitivo e de fácil compreensão. Os meios utilizados para contornar todas estas complicações foram: corte de todos os dentes aos 15 mm para se obter uma base dentária estável; o utilizador que realizou todo o processo de investigação foi sempre o mesmo.

V. CONCLUSÃO

O efeito de transporte do forâmen apical é um fator com elevada relevância para o sucesso do tratamento endodôntico.

Diversas complicações podem advir caso haja um aumento de transporte do forâmen apical e que confere pouca estabilidade, quer durante o tratamento, quer nos controlos futuros após término do tratamento.

O movimento recíprocante apresenta mais vantagens, comparativamente ao movimento de rotação contínua. Contudo, há necessidade de se avaliar a situação e ponderar o uso de um ou de outro.

Atualmente existem sistemas de instrumentação onde coexistem os dois tipos de movimento. Esta evolução traz benefícios tanto para o clínico como para o paciente que procura a endodontia como alternativa à extração.

Em suma, são necessários mais estudos para se averiguar acerca do real transporte do forâmen apical, mas a amostra terá de ser composta unicamente por dentes humanos. Isto permite que se aproxime o mais possível do que é real e acontece na prática clínica.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Abou-Rass, M., Frank, A. L., & Glick, D. H. (1980). The anticurvature filing method to prepare the curved root canal. *Journal of the American Dental Association*.
- Agarwal, R. S., Agarwal J., Jain, P., & Chandra, A. (2015). Comparative Analysis of Canal Centering Ability of Different Single File Systems Using Cone Beam Computed Tomography- An In-Vitro Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* doi:10.7860/jcdr/2015/12097.5863
- Ahmed, H. M. A., Versiani, M. A., De-Deus, G., & Dummer, P. M. H. (2017). A new system for classifying root and root canal morphology. *International Endodontic Journal*, 50(8), 761–770. <https://doi.org/10.1111/iej.12685>.
- Ahn, S. Y., Kim, H. C., & Kim, E. (2016). Kinematic effects of nickel-titanium instruments with reciprocating or continuous rotation motion: A systematic review of in vitro studies. *Journal of Endodontics*.
- Albrecht, L. J., Baumgartner, J. C., & Marshall, J. G. (2004). Evaluation of apical debris removal using various sizes and tapers of ProFile GT files. *Journal of Endodontics*, 30:425.
- Americian Association of Endodontists. (2012). *Glossary of endodontic terms*.
- American Association of Endodontists. (2016). *Guide to clinical endodontics*.
- Amoroso-Silva, P. A., Ordinola-Zapata, R., Duarte, M. A. H., Gutmann, J. L., del Carpio-Perochena, A., Bramante, C. M., & de Moraes, I. G. (2015). Micro-computed Tomographic Analysis of Mandibular Second Molars with C-shaped Root Canals. *Journal of Endodontics*. doi: 10.1016/j.joen.2015.01.021.
- Basmaadjian-Charles C. L., Farge, P., Bourgeois, D. M., & Lebrun, T. (2002). Factors influencing the long-term results of endodontic treatment: A review of the literature. *International Dental Journal*.
- Burklein, S., Hinschitza, K., Dammaschke, T., & Schafer, E. (2012). Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of

- extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *International Endodontic Journal*, 45(5):449–61.
- Caputo, A.A., & Standlee, J.P. (1976). Pins and posts - why, when and how. *Dental Clinics of North America*.
- Chapela, J. G., Baz, P. C., Patiño, P. V., Biedma, B. M., & Piñón, M. R. (2017). Alternating versus continuous rotation: Root canal transportation and centering ratio with the ProTaper Next. *Journal of Conservative Dentistry*.
- Cleghorn, B. M., Christie, W. H., & Dong, C. C. S. (2008). Anomalous mandibular premolars: A mandibular first premolar with three roots and a mandibular second premolar with a C-shaped canal system. *International Endodontic Journal*. doi:10.1111/j.1365-2591.2008.01451.x.
- Degerness, R. A., & Bowles, W. R. (2010). Dimension, Anatomy and Morphology of the Mesiobuccal Root Canal System in Maxillary Molars. *Journal of Endodontics*, 36(6), 985–989. doi: 10.1016/j.joen.2010.02.017.
- Dietrich, M.A., Kirkpatrick, T.C., & Yaccino, J.M. (2012). In vitro canal and isthmus debris removal of the Self Adjusting File, K3, and WaveOne files in the mesial root of human mandibular molars. *Journal of Endodontics*, 38(8):1140–44.
- Dhingra, A., Kochar, R., Banerjee, S., & Srivastava, P. (2014). Comparative evaluation of the canal curvature modifications after instrumentation with One Shape rotary and Wave One reciprocating files. *Journal of Conservative Dentistry*, 17(2):138-41.
- Franco, V., Fabiani, C., Taschieri, S., Malentacca, A., Bortolin, M., Del Fabbro, M. (2011). Investigation on the shaping ability of nickel-titanium files when used with a reciprocating motion. *Journal of Endodontics*, 37:1398–401.
- Galal, M., Ismail, A., Omar, N., Zaazou, M., & Nassar, M. (2019). Influence of Thermomechanical Treatment on the Mechanical Behavior of Protaper Gold versus Protaper Universal (A Finite Element Study). *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*.
- Garala, M., Kuttler, S., Hardigan, P., Steiner-Carmi, R., & Dorn, S. (2003). A comparison of the minimum canal wall thickness remaining following preparation using

- two nickel-titanium rotary systems. *International Endodontic Journal*, 36, (pp. 636-642).
- Gavini, G., Santos, M., Caldeira, C. L., Machado, M. E. L., Freire, L. G., Iglecias, E. F., Peters, O. A., & Candeiro, G. T. M. (2018). Nickel–titanium instruments in endodontics: A concise review of the state of the art. *Brazilian Oral Research*.
- Goo, H. J., Kwak, S. W., Ha, J. H., Pedullà, E., & Kim, H. C. (2017). Mechanical Properties of Various Heat-treated Nickel-titanium Rotary Instruments. *Journal of Endodontics*.
- Gutierrez, J. H., & Aguayo, P. (1995). Apical foraminal openings in human teeth: number and location. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* (pp. 79-769).
- Hargreaves, K. M., & Berman, L. H. (2016). Tooth Morphology, Isolation, and Access. In *Cohen's pathways of the pulp* (pp. 138-144).
- Kazemi, R. B., Stenman, E., & Spångberg, L. S. (2000). A comparison of Stress distribution showed that concentrations of stress stainless steel and nickel-titanium H type instruments of identical were related to the base of the flutes for both files. This design: torsional and bending tests. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*.
- Kherlakian, D., Cunha, R. S., Ehrhardt, I. C., Zuolo, M. L., Kishen, A., & Da Silveira Bueno, C. E. (2016). Comparison of the Incidence of Postoperative Pain after Using 2 Reciprocating Systems and a Continuous Rotary System: A Prospective Randomized Clinical Trial. *Journal of Endodontics*, 42(2), 171–176. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.10.011>.
- Kottoor, J., Murugesan, R., & Albuquerque, D. V. (2011). A maxillary lateral incisor with four root canals. *International Endodontic Journal*, 45(4), 393–397. doi:10.1111/j.1365-2591.2011.01984.x.
- Kuttler, Y. (1955). Microscopic investigation of root apexes. *Journal of the American Dental Association*.
- McCann, J., Keller, D., & Labounty, G. (1990). Remaining dentine/cementum thickness after hand or ultrasonic instrumentation. *Journal of Endodontics*.

- NANOSCIENTEINSTRUMENTS. (2019). Portal do nanoScienceInstruments. Retrieved from <https://www.nanoscience.com/techniques/scanning-electron-microscopy/>
- Paraskevopoulou, M. T., & Khabbaz, M. G. (2016). Influence of Taper of Root Canal Shape on the Intracanal Bacterial Reduction. *The Open Dentistry Journal*, 10(1), 568–574. doi:10.2174/1874210601610010568.
- Pedullà, E., Lo Savio, F., Boninelli, S., Plotino, G., Grande, N. M., La Rosa, G., & Rapisarda, E. (2016). Torsional and Cyclic Fatigue Resistance of a New Nickel-Titanium Instrument Manufactured by Electrical Discharge Machining. *Journal of Endodontics*, 42(1), 156–159. doi:10.1016/j.joen.2015.10.004.
- Pirani, C., Iacono, F., Generali, L., Sassatelli, P., Nucci, C., Lusvarghi, L., ... Prati, C. (2015). HyFlex EDM: superficial features, metallurgical analysis and fatigue resistance of innovative electro discharge machined NiTi rotary instruments. *International Endodontic Journal*, 49(5), 483–493. doi:10.1111/iej.12470.
- Ruddle, C. (2002). Cleaning and shaping the root canal system. *Pathways of the pulp* (pp. 209).
- Santos L. A., Bahia, M. G., de Las Casas, E. B., Buono, V. T. (2013). Comparison of the mechanical behavior between controlled memory and superelastic nickel-titanium files via finite element analysis. *Journal of Endodontics*.
- Schafer, E. (1997). Root canal instruments for manual use: a review. *Endodontics & Dental Traumatology*.
- Silva, D., Gomes, A. C., da Silva, J. M., Neves, A. A., Zaia, A. A., & da Silva, E. J. N. L. (2014). Evaluation of foraminal transportation during foraminal enlargement with different instrumentation systems. *Brazilian Journal of Oral Sciences*.
- Sjögren, U., Hägglund, B., Sundqvist, G., & Wing, K. (1990). Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of Endodontics* (pp. 16-498).
- Tambe, V.H., Nagmode, P.S., Abraham, S., Patait, M., Lahoti, P.V., & Jaju, N. (2014). Comparison of canal transportation and centering ability of rotary protaper, one shape system and wave one system using cone beam computed tomography: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*, 17:561-65.

- Usman, N., Baumgartner, J. C., & Marshall, J. G. (2004). Influence of instrument size on root canal debridement. *Journal of Endodontics*.
- Üstün, Y., Çanakçı, B. C., Dinçer, A. N., Er, O., & Düzgün, S. (2014). Evaluation of apically extruded debris associated with several Ni-Ti systems. *International Endodontic Journal*, 48(7), 701–704. doi:10.1111/iej.12369.
- Vertucci, F., Seelig, A., & Gillis, R. (1974). Root canal morphology of the human maxillary second premolar. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. doi:10.1016/0030-4220(74)90374-0.
- Weine, F. S., Healey, H. J., Gerstein, H., & Evanson, L. (1969). Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 28(3), 419-425. doi:10.1016/0030-4220(69)90237-0
- Weine, F. S., Kelly, R. F., Lio, P. J. (1975). The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *Journal of Endodontics*.
- Wu, M. K., Fan, B., & Wesselink, P. R. (2000). Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: Effects of apical transportation on seal of root fillings. *Journal of Endodontics*.
- Wu, M. K., Wesselink, P., & Walton, R. (2000). Apical terminus location of root canal treatment procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* (pp. 89-99).
- Xu, X., Eng, M., Zheng, Y., & Eng, D. (2006). Comparative study of torsional and bending properties for six models of nickel-titanium root canal instruments with different cross sections. *Journal of Endodontics*.
- Young, J. M., Van, V. K. J. (2005). Predicting in vivo failure of pseudoelastic NiTi devices under lowcycle, high amplitude fatigue. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*.

